

PAT-NO: JP411126520A

DOCUMENT-IDENTIFIER: JP 11126520 A

TITLE: SUPERCONDUCTOR AND CONNECTION
STRUCTURE OF
SUPERCONDUCTOR

PUBN-DATE: May 11, 1999

INVENTOR-INFORMATION:

NAME	COUNTRY
SHIMADA, MAMORU	N/A

ASSIGNEE-INFORMATION:

NAME	COUNTRY
TOSHIBA CORP	N/A

APPL-NO: JP09289593

APPL-DATE: October 22, 1997

INT-CL (IPC): H01B012/08, H01R004/68 , H01B013/08

ABSTRACT:

PROBLEM TO BE SOLVED: To carry electric current as evenly as possible to superconductive wires, and to suppress the increase of alternating current loss and the decrease of current capacity.

SOLUTION: Primary stranded wires 2 are formed by stranding six superconductive element wires SC and secondary stranded wires 4 are formed by stranding six primary stranded wires 2. Tertiary stranded

wires 6 are produced by stranding five secondary stranded wires 4 and the surrounding of each secondary stranded wire 4 is wrapped with an insulating tape 7 made of a metal (e.g. stainless steel). The tertiary stranded wires 6 are stranded around a spiral cooling pipe 8 to produce a quaternary stranded wire 9, which is a final conductor. The stranded wire stage in which loop current may be possibly generated due to induced voltage is limited only to the stage of the primary stranded wires 2 and of the superconductive element wires SC, that is, a lower stage than the stage of the secondary stranded wires 4. The routes the superconductive element wires SC follow in those stages can be easily known.

COPYRIGHT: (C)1999,JPO

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平11-126520

(43)公開日 平成11年(1999)5月11日

(51)IntCl[°]

識別記号

F I

H 0 1 B 12/08

Z A A

H 0 1 B 12/08

Z A A

H 0 1 R 4/68

Z A A

H 0 1 R 4/68

Z A A

// H 0 1 B 13/08

H 0 1 B 13/08

審査請求 未請求 請求項の数15 O L (全 8 頁)

(21)出願番号

特願平9-289593

(22)出願日

平成9年(1997)10月22日

(71)出願人 000003078

株式会社東芝

神奈川県川崎市幸区彌川町72番地

(72)発明者 嶋 田 守

神奈川県横浜市鶴見区末広町2丁目4番地

株式会社東芝京浜事業所内

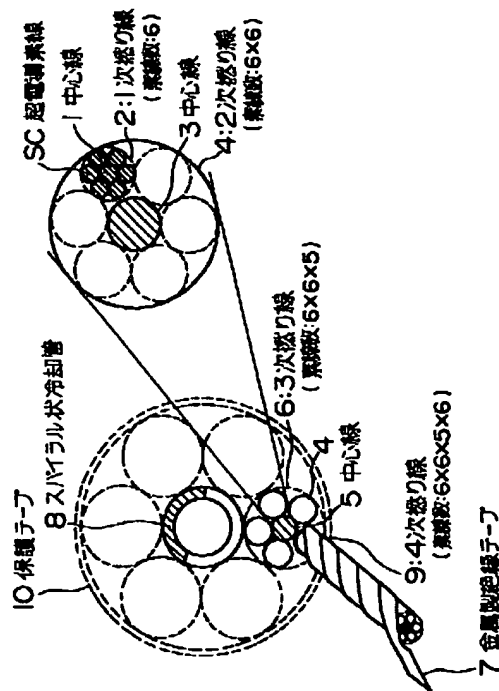
(74)代理人 弁理士 佐藤 一雄 (外3名)

(54)【発明の名称】 超電導導体及びその接続構造

(57)【要約】

【課題】 各超電導素線に対して極力均等な電流を流すことができ、交流損失の増大及び電流容量の低下を抑制すること。

【解決手段】 超電導素線SCが6本撚り合わされて1次撚り線2が形成され、これが6本撚り合わされて2次撚り線4が形成される。さらに、2次撚り線4が5本撚り合わされて3次撚り線6が形成されており、2次撚り線4の周囲に金属製(例えば、ステンレス製)の絶縁テープ7が巻回されている。そして、この3次撚り線6が、スパイラル状の冷却管8の回りに撚り合わされて、最終導体である4次撚り線9が形成される。誘導電圧によるループ電流が発生する可能性が存在する撚り線段階は、2次撚り線4より下の段階である1次撚り線2及び超電導素線SCの段階だけとなり、超電導素線SCがこれらの段階において、どのような経路を辿るかにつき容易に把握することができる。



【特許請求の範囲】

【請求項1】超電導素線の撚り合わせにより1次撚り線が形成された後、1次撚り線の撚り合わせにより2次撚り線が形成され、以下同様に、 $n-1$ 次撚り線の撚り合わせにより最終導体である n 次撚り線が形成される超電導導体において、 $n-2$ 次撚り線の表面に絶縁処理が施されたことを特徴とする超電導導体。

【請求項2】前記絶縁処理は、金属製絶縁テープにより被覆する処理であることを特徴とする請求項1記載の超電導導体。

【請求項3】前記金属製絶縁テープは、両面若しくは片面又は中間層に高抵抗層が形成されたものであることを特徴とする請求項2記載の超電導導体。

【請求項4】前記絶縁処理は、ガラス繊維から成る袋編み状の絶縁被覆部材により被覆する処理であることを特徴とする請求項1記載の超電導導体。

【請求項5】前記絶縁処理は、ポリイミド系の絶縁テープにより被覆する処理であることを特徴とする請求項1記載の超電導導体。

【請求項6】前記絶縁処理は、ガラス繊維及びマイカから成る絶縁テープにより被覆する処理であることを特徴とする請求項1記載の超電導導体。

【請求項7】前記絶縁処理は、ホルマール被覆材により被覆する処理であることを特徴とする請求項1記載の超電導導体。

【請求項8】前記1次撚り線を形成する超電導素線の本数は6本であることを特徴とする請求項1乃至7のいずれかに記載の超電導導体。

【請求項9】請求項1乃至8のいずれかに記載の超電導導体同士の接続を、各超電導導体の $n-2$ 次撚り線同士の結合により行ったことを特徴とする超電導導体の接続構造。

【請求項10】前記 $n-2$ 次撚り線同士の結合を常電導材料により形成される金属管を用いて行ったことを特徴とする請求項9記載の超電導導体の接続構造。

【請求項11】前記 $n-2$ 次撚り線同士の結合はラップ接続であることを特徴とする請求項9記載の超電導導体の接続構造。

【請求項12】前記 $n-2$ 次撚り線同士の結合は突き合わせ接続であることを特徴とする請求項9記載の超電導導体の接続構造。

【請求項13】請求項1乃至8のいずれかに記載の超電導導体の口出し部を、前記 $n-2$ 次撚り線の端部に形成し、この端部に給電ケーブルの口出し部を接続したことを特徴とする超電導導体の接続構造。

【請求項14】前記給電ケーブルの口出し部は常電導材料により形成されているものであることを特徴とする請求項13記載の超電導導体の接続構造。

【請求項15】前記給電ケーブルの口出し部は、金属製

絶縁テープが前記 $n-2$ 次撚り線の端部側に巻回されていることを特徴とする請求項14記載の超電導導体接続構造。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、主として、電流容量の非常に大きな超電導導体及びその接続構造に関するものである。

【0002】

【従来の技術】各種原子力プラントの1つである核融合炉では大電流のプラズマを磁場中に保持するため、超電導コイル等により構成されている。また超電導エネルギー貯蔵装置でも大型の超電導コイルが設置されている。そして、これらの超電導コイルは、電流容量の非常に大きな超電導導体により形成されている。一般に、このように大きな電流容量の超電導導体は、複数の超電導素線を所定のピッチで撚り合わせて1次撚り線を形成した後、この1次撚り線を撚り合わせて2次撚り線を形成し、以下同様に、最終導体である n 次撚り線までを撚り合わせにより形成するようにしている。

【0003】ここで、超電導素線及び各次数の撚り線を撚っているのは次のような理由に基づいている。例えば、図9(a)に示すように、2本の超電導ケーブル51、52の両端に端子板53、54を接続し、端子板53から端子板54に向けて電流2I1を流す場合を考えて見る。通常、超電導ケーブル51、52にはそれぞれ電流I1が流れているが、外部磁界が発生するとループ電流I2を流そうとする誘導電圧が生じる。そのため、超電導ケーブル51側の電流は $I1 + I2$ となり、超電導ケーブル52側の電流は $I1 - I2$ となって、両ケーブルに均等に電流を流すことができなくなる。

【0004】ところが、図9(b)に示すように、超電導ケーブル51、52を撚った状態で端子板53、54を接続しておく、外部磁界によってクロス部分の左右にループ電流I3を流そうとする誘導電圧が生じるが、これらの誘導電圧は互いに逆方向の電圧であり相殺されるために、結局、外部磁界の影響を排除することができる。

【0005】このように、外部磁界に起因する誘導電圧を相殺することを「転位」と呼んでいる。この転位を行わせるために、超電導素線及び各次数の撚り線を撚っている。そして、転位を確実に行わせるためには、超電導ケーブル51、52同士の絶縁、特にクロス部分の絶縁を行っておくのが好ましい。この絶縁は、超電導材料として例えばNb3Snのような熱処理を必要とするものを用いた場合を考慮して、通常、ステンレスあるいはインコネル等の金属製絶縁テープ（金属製であるにもかかわらず「絶縁テープ」と称するのは奇異な感じがするが、これは、これらの金属は超電導材料に比べて非常に高い抵抗を有するからである。）を超電導素線又は各次

数の撚り線の周囲に巻回することにより行われる。しかし、全ての素線及び撚り線に対して金属製テープを巻回することは実際には不可能であるため、通常は、最終導体（ n 次撚り線）の1段階前の $n-1$ 次撚り線（サブケーブルと称する）に対してのみ金属製絶縁テープが巻回される。

【0006】図10は、超電導導体の断面構成を示す説明図である。この図において、超電導素線SCが3本撚り合わされて1次撚り線55が形成され、この1次撚り線55が3本撚り合わされて2次撚り線56が形成されている。さらに、2次撚り線56が5本撚り合わされて3次撚り線57が形成され、この3次撚り線57が4本撚り合わされて4次撚り線58が形成されている。そして、この4次撚り線58が6本撚り合わされて最終導体である5次撚り線59が形成され、6本の5次撚り線59の中心にヘリウム等の冷媒ガスを流すための冷却管60が配設されている。金属製の絶縁テープ61は、サブケーブルである4次撚り線58の周囲に巻回されている。冷却管60は、コイルバネのようにスパイラル状を成すものであり、冷却管60内を通るヘリウムガスは、冷却管60の周囲に均等に拡散して配分されて4次撚り線58を冷却するようになっている。なお、このヘリウムガスは、4次撚り線58内部においても流れて3次撚り線57を冷却するようになっている。以下同様に、3次撚り線57内部、2次撚り線56内部、1次撚り線55内部をそれぞれ流れるようになっている。

【0007】

【発明が解決しようとする課題】上記した図10の超電導導体の場合、超電導素線SCの最終的な本数は、 $3 \times 3 \times 5 \times 4 \times 6 = 720$ 本となる。したがって、この超電導導体の電流容量については、超電導素線SC1本当りの電流容量の720倍の電流容量が期待されることになる（図10に示した超電導導体の構成は、あくまで一例であり、超電導素線SCの最終的な本数が1000本以上になることもある。）。

【0008】しかし、超電導素線及び各次数の撚り線の撚りピッチがそれぞれ異なっていることから、撚り線の次数が高まるにつれて、超電導素線SCは複雑な経路を辿って撚られることになる。そして、絶縁テープ61が巻回されている4次撚り線58同士については既述した「転位」は保障されるが、4次撚り線58の内部においても、超電導素線SCの辿る経路は相当に複雑になっており、さらに、超電導導体をコイル状に形成して使用する用途の場合すなわち超電導コイルの場合には、超電導素線SCが曲がることによる効果も加わって、外部磁界に対し、「転位」が行われない素線の組合せが発生する可能性が高くなる。

【0009】このように、転位が行われない素線の組合せが発生すると、その素線の粗において、前述したような誘導電圧が発生し、各素線に電流が均一に流れなくな

り、一部の素線に電流が集中することによって、超電導状態を維持できなくなり、常電導状態へ移行してしまう危険性がある。このような危険性の存在によって、図10の超電導導体は、超電導素線SCの本数に基づいて期待できる電流容量よりも低いレベルの電流容量しか確保することができなかった。

【0010】上記のような一部の超電導素線への電流集中を事前に予測することは、超電導コイルの場合、特に困難であり、電流容量については、超電導コイル製作後に実際に通電してみなければ分からないことになる。そして、現状の超電導導体では、素線相互間の電気抵抗を下げることによって、一部の超電導素線への電流集中によりその素線が常電導に転移した場合に速やかに他の素線に分流が行なわれるように設計されており、これによって最初に常電導転移した素線における発熱を低減し、超電導導体全体が常電導転移するのを防止するようにしている。

【0011】しかし、素線相互間の電気抵抗を下げることは、図10(b)におけるクロス部分の絶縁が充分に行われていないことを意味しており、そのため、常電導状態に転移しない状態においても素線間にわたる誘導電流が発生し、交流損失を増大させてしまう結果となっている。

【0012】本発明は上記事情に鑑みてなされたものであり、各超電導素線に対して極力均等な電流が流れるようにし、交流損失の増大及び電流容量の低下を抑制することが可能な超電導導体及びその接続構造を提供することを目的としている。

【0013】

【課題を解決するための手段】上記課題を解決するための手段として、請求項1記載の発明は、超電導素線の撚り合わせにより1次撚り線が形成された後、1次撚り線の撚り合わせにより2次撚り線が形成され、以下同様に、 $n-1$ 次撚り線の撚り合わせにより最終導体である n 次撚り線が形成される超電導導体において、 $n-2$ 次撚り線の表面に絶縁処理が施されたことを特徴とする。

【0014】請求項2記載の発明は、請求項1記載の発明において、前記絶縁処理は、金属製絶縁テープにより被覆する処理であることを特徴とする。

【0015】請求項3記載の発明は、請求項1記載の発明において、前記金属製絶縁テープは、両面若しくは片面又は中間層に高抵抗層が形成されたものであることを特徴とする。

【0016】請求項4記載の発明は、請求項1記載の発明において、前記絶縁処理は、ガラス繊維から成る袋編み状の絶縁被覆部材により被覆する処理であることを特徴とする。

【0017】請求項5記載の発明は、請求項1記載の発明において、前記絶縁処理は、ポリイミド系の絶縁テープにより被覆する処理であることを特徴とする。

【0018】請求項6記載の発明は、請求項1記載の発明において、前記絶縁処理は、ガラス繊維及びマイカから成る絶縁テープにより被覆する処理であることを特徴とする。

【0019】請求項7記載の発明は、請求項1記載の発明において、前記絶縁処理は、ホルマール被覆材により被覆する処理であることを特徴とする。

【0020】請求項8記載の発明は、前記1次撚り線を形成する超電導素線の本数は6本であることを特徴とする。

【0021】請求項9記載の発明は、請求項1乃至8のいずれかに記載の超電導体同士の接続を、各超電導体の $n-2$ 次撚り線同士の結合により行ったことを特徴とする。

【0022】請求項10記載の発明は、請求項9記載の発明において、前記 $n-2$ 次撚り線同士の結合を常電導材料により形成される金属管を用いて行ったことを特徴とする。

【0023】請求項11記載の発明は、請求項9記載の発明において、前記 $n-2$ 次撚り線同士の結合はラップ接続であることを特徴とする。

【0024】請求項12記載の発明は、請求項9記載の発明において、前記 $n-2$ 次撚り線同士の結合は突き合わせ接続であることを特徴とする。

【0025】請求項13記載の発明は、請求項1乃至8のいずれかに記載の超電導体の口出し部を、前記 $n-2$ 次撚り線の端部に形成し、この端部に給電ケーブルの口出し部を接続したことを特徴とする。

【0026】請求項14記載の発明は、請求項13記載の発明において、前記給電ケーブルの口出し部は常電導材料により形成されているものであることを特徴とする。

【0027】請求項15記載の発明は、前記給電ケーブルの口出し部は、金属製絶縁テープが前記 $n-2$ 次撚り線の端部側に巻回されていることを特徴とする。

【0028】

【発明の実施の形態】以下、本発明の実施形態を図に基づき説明する。図1は、本発明の実施形態に係る超電導体の断面構成を示す説明図である。この図において、銅製(Cu又はCuNi)の中心線1の回りに超電導素線SCが6本撚り合わされて1次撚り線2が形成され、この1次撚り線2が中心線3の回りに6本撚り合わされて2次撚り線4が形成されている。さらに、2次撚り線4が中心線5の回りに5本撚り合わされて3次撚り線6が形成されており、この2次撚り線4の周囲に金属製(例えば、ステンレス製)の絶縁テープ7がハーフラップにて巻回されている。そして、この3次撚り線6が、コイルバネのようにスパイラル状を成す冷却管8の回りに撚り合わされて、最終導体である4次撚り線9が形成されている。なお、4次撚り線9の周囲には、例えばス

テンレス製の保護テープ10が巻回されている。

【0029】次に、上記のように構成される図1の超電導体の効果を図10の超電導体と比較して説明する。図10においては、1次撚り線5が3本の超電導素線SCにより形成されていたが、図1においては1次撚り線2が6本の超電導素線SCにより形成されている。したがって、従来5段階であった撚り線の段階数を4段階とすることができ、作業工数を短縮することが可能になっている。

10 【0030】そして、図10では、最終導体である5次撚り線5の1つ手前の段階の4次撚り線58(サブケーブル)に対して絶縁テープ61を巻回していたが、図1では、最終導体である4次撚り線9の2つ手前の段階の2次撚り線4(サブ・サブケーブル)に対して絶縁テープ7を巻回している。したがって、誘導電圧によるループ電流が発生する可能性が存在する撚り線段階は、2次撚り線4より下の段階である1次撚り線2及び超電導素線SCの段階だけとなるため、超電導素線SCがこれらの段階において、どのような経路を辿っているかについて容易に把握することが可能になっている。

20 【0031】従来、金属製絶縁テープを巻回する段階については、テープ使用量の低減及び作業効率等の観点からサブケーブルについて巻回すべきであるという設計思想に漠然と支配されていたが、本発明の発明者によって、このようなテープ使用量及び作業効率をある程度犠牲にしても、金属製絶縁テープをサブ・サブケーブルに巻回することによって、外部磁界に対する「転位」が行われなくなるような不具合を有効に防止することが可能になるということが判明するに至った。そして、従来、サブケーブルについて行っていたテープ絶縁処理をサブ・サブケーブルについて行うことによりテープ絶縁処理の工数は増加するものの、従来3本であった1次撚り線の素線数を6本とすることにより、撚り線段階を5段階から4段階に低減するようにし、全体の工数が著しく増加するのを抑制することが可能になっている。

30 【0032】なお、上記実施形態では、サブ・サブケーブルである2次撚り線4に対する絶縁処理としてステンレス等の金属製絶縁テープ7を巻回する構成としてあるが、この絶縁処理としては、他に以下のような処理を行うことが可能である。

(1) 金属製絶縁テープはそれ自体超電導材料に比べて充分大きな抵抗を有しているが、さらに高抵抗化するため、両面若しくは片面又は中間層に高抵抗層が形成された絶縁テープを使用することとしてもよい。

(2) ガラス繊維から成る袋編み状の絶縁被覆部材でサブ・サブケーブル表面に絶縁処理を施すこととしてもよい。この場合の被覆は、被覆部材としてすでに仕上がっているものにサブ・サブケーブルを挿通させるのではなく、通常、サブ・サブケーブルの周囲にガラス繊維を撚っていくことにより被覆を行うようにする。なお、ガラ

ス繊維を素材としているので、超電導材料がNb₃Snのような熱処理を必要とするものである場合であっても問題は無い。

(3) ポリイミド系の絶縁テープを用いてサブ・サブケーブルに絶縁処理を施すようにしてもよい。このようなポリイミド系の絶縁テープを用いることにより、高い信頼度を有するサブ・サブケーブルの絶縁処理が可能となり、超電導材料がNbTiのような熱処理を必要としないものである場合に、高い信頼性の超電導導体を製作することができる。

(4) ガラス繊維及びマイカを素材とする絶縁テープを用いてサブ・サブケーブルに絶縁処理を施すようにしてもよい。これによれば、超電導材料がNb₃Snのような熱処理を必要とするものである場合であっても問題は無く、かつ、耐放射性を有する超電導導体を製作することができる。

(5) ホルマール被覆材によりサブ・サブケーブルの表面を被覆して絶縁処理を施すようにしてもよい。これは、ホルマール被覆材にサブ・サブケーブルを浸漬するだけでよいので、簡便な絶縁処理が可能になる。したがって、超電導材料がNbTiのような熱処理を必要としないものである場合に、短い期間で超電導導体を製作することができる。

【0033】次に、本発明の実施形態に係る超電導導体同士の接続構造につき説明する。図2は、この接続構造の外観を示す斜視図である。この図に示すように、最終導体である4次撚り線9は、実際にはステンレスあるいはインコロイ等の金属製保護管11内に収納されている。そして、各超電導導体の金属製保護管11の端部から突き出ている4次撚り線9同士が接続スリーブ12により接続されている。

【0034】図3は、図2のIII-III線に沿う断面図である。この図において、接続スリーブ12の内側に冷却管13が配設されており、冷却管13の周囲に6枚の仕切板14が放射状に等間隔で取り付けられている。これら6枚の仕切板14によって画成される領域に、5本の2次撚り線4により形成される3次撚り線6が配設されている。仕切板14と接続スリーブ12の内周面との間には冷媒流路15が形成されており、ヘリウム等の冷媒ガスは、冷却管13内部の他にこれら冷媒流路15内を流れて超電導導体に対する冷却を均等に行うようになっている。なお、接続スリーブ12は、その周囲から強い力で圧着されるため、各2次撚り線4は図示するような略台形状に変形されている。

【0035】そして、本発明では、超電導導体同士の接続が、サブ・サブケーブル同士すなわち2次撚り線4同士を結合させることにより行われている。図4及び図5は、このサブ・サブケーブル同士を結合した場合の外観を示す斜視図である。図4は、いわゆるラップ接続を行った場合を示しており、各2次撚り線4の端末に取り付

けられた接続スリーブ16同士が重ね合わされるようにして溶着されている。このようなラップ接続によれば、2次撚り線4同士の結合作業を容易に行うことができる。これに対し、図5は、いわゆる突き合わせ接続を行った場合を示しており、各2次撚り線4の端末に取り付けられた接続スリーブ17同士が突き合わされるようにして溶着されている。この突き合わせ接続は、ラップ接続に比べて結合部のスペースを小さくすることができるというメリットがある。

10 【0036】接続スリーブ16、17は、いずれも常電導材料であるCuあるいはCuNi等により形成されるものである。このように接続スリーブ16、17を常電導材料で形成すると、結合部において適度な抵抗がほぼ一様に超電導素線に挿入されることになり、不均一な電流分布を発生しにくくすることができる。

【0037】次に、本発明の実施形態に係る超電導導体の口出し部における接続構造につき説明する。図6は、この接続構造の外観を示す斜視図である。この図において、超電導導体の金属製保護管11の端部に、超電導導体の口出し部を収納する容器18が取り付けられており、この容器18にフランジ19が取り付けられている。そして、このフランジ19から、図示を省略してある給電ケーブル側に接続ピン20が延びている。

20 【0038】図7は、図6の容器18内におけるサブ・サブケーブルすなわち2次撚り線4の接続構造を示す断面図である。この図に示すように、容器18内に2次撚り線4の口出し部が収納されており、この2次撚り線4の口出し部は接続ピン20を介して給電ケーブル口出し部21に接続されている。接続ピン20はCuにより形成されているが、表面部付近についてはCuNiにより形成することもできる。

【0039】図8は、図7における給電ケーブル口出し部21の構成を示す斜視図である。この図に示すように、給電ケーブル口出し部21は銅線22により形成されており、この銅線22の2次撚り線4側の端末部付近には金属製の絶縁テープ23が巻回されている。このように、2次撚り線4に接続ピン20を介して接続される給電ケーブル口出し部21に対しても、2次撚り線4と同様に絶縁テープにより絶縁処理を施しているため、給電ケーブルを接続することにより、転位の問題につき好ましくない超電導素線の組合せが生じるのを防ぐことができる。ここで、絶縁テープ23は、銅線22の2次撚り線4側の端末部付近にのみ巻回されているが、これは、給電ケーブル自体が抵抗を持っており、不平衡電圧が加わるような場合にも、この給電ケーブル自体の抵抗によって不平衡電圧がキャンセルされ、実用上は問題ない程度に電流の不均一性を抑制することができるからである。なお、上記実施形態では、最終導体であるn次撚り線が4次撚り線である場合すなわちn=4の場合につき説明したが、特にこれのみに限定されるわけではな

い。すなわち、本発明の重要な特徴点は、サブ・サブケーブル（ $n-2$ 次撚り線）に絶縁処理を施した点であり、 $n=3$ 、 $n=5$ 、あるいはその他の撚り線構成を有する超電導導体についても本発明の技術を適用することが可能である。

【0040】

【発明の効果】以上のように、本発明によれば、最終導体が n 次撚り線により形成される超電導導体において、サブ・サブケーブルである $n-2$ 次撚り線の表面に絶縁処理を施す構成としたので、各超電導素線に対して極力均等な電流を流すことができ、交流損失の増大及び電流量の低下を抑制することが可能になる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の実施形態に係る超電導導体の断面構成を示す説明図。

【図2】本発明の実施形態に係る超電導導体同士の接続構造を示す斜視図。

【図3】図2のIII-III線に沿う断面図。

【図4】本発明の実施形態に係る超電導導体のサブ・サブケーブル同士を結合した場合の外観を示す斜視図。

【図5】本発明の実施形態に係る超電導導体のサブ・サブケーブル同士を結合した場合の外観を示す斜視図。

【図6】本発明の実施形態に係る超電導導体の口出し部における接続構造の外観を示す斜視図。

【図7】図6の容器18内におけるサブ・サブケーブルすなわち2次撚り線4の接続構造を示す断面図。

【図8】図7における給電ケーブル口出し部21の構成を示す斜視図。

【図9】超電導導体を構成する各超電導素線及び各次数の撚り線を撚っている理由についての説明図であり、(a)は撚っていない場合の電流の流れを示すものであり、(b)は撚っている場合の電流の流れを示すものである。

【図10】従来の超電導導体の断面構成を示す説明図である。

【符号の説明】

11 電流

12, 13 ループ電流

SC 超電導素線

1 中心線

2 1次撚り線

3 中心線

4 2次撚り線

5 中心線

6 3次撚り線

7 絶縁テープ

8 冷却管

9 4次撚り線

10 保護テープ

11 金属製保護管

12 接続スリーブ

13 冷却管

14 仕切板

15 冷媒流路

16 接続スリーブ

17 接続スリーブ

18 容器

19 フランジ

20 接続ピン

21 給電ケーブル口出し部

22 銅線

23 絶縁テープ

51 超電導ケーブル

52 超電導ケーブル

53 端子板

54 端子板

55 1次撚り線

56 2次撚り線

57 3次撚り線

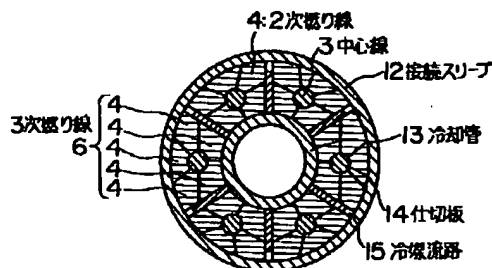
58 4次撚り線

59 5次撚り線

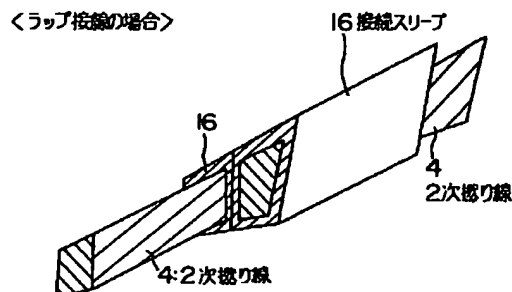
60 冷却管

61 絶縁テープ

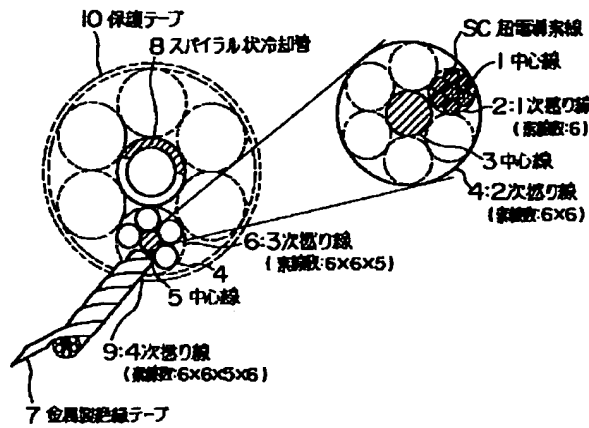
【図3】



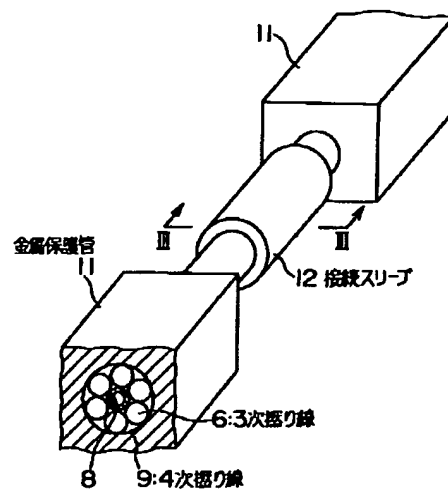
【図4】



【図1】

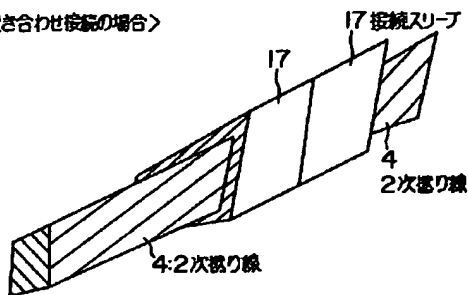


【図2】

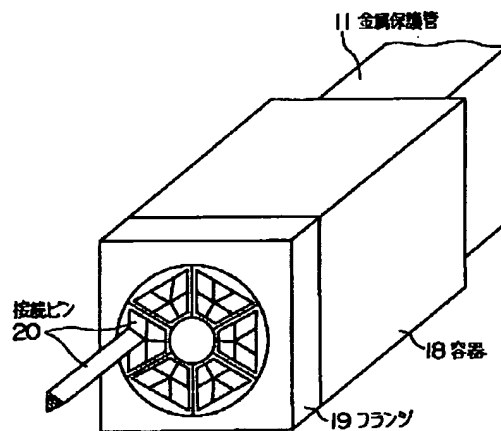


【図5】

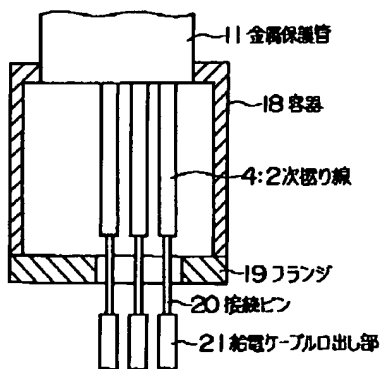
〈突き合わせ接続の場合〉



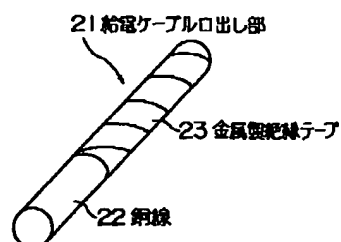
【図6】



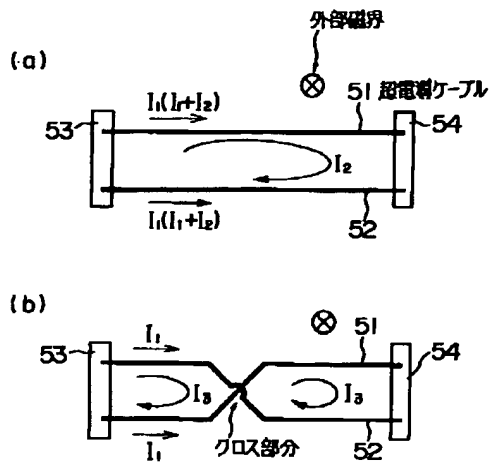
【図7】



【図8】



【図9】



【図10】

